

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-112325
(43)Date of publication of application : 28.04.1997

(51)Int.Cl.

F02D 41/40
F01N 3/00
F02B 23/06
F02D 41/04
F02M 61/14

(21)Application number : 08-141477

(71)Applicant : SHIN A C II:KK

(22)Date of filing : 04.06.1996

(72)Inventor : NAKAGOME KEIICHI
TAKEDA YOSHIHISA
NIMURA KEIICHI

(30)Priority

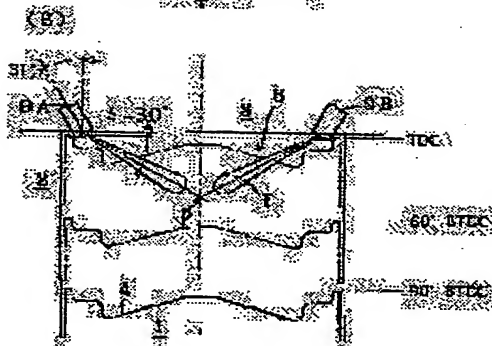
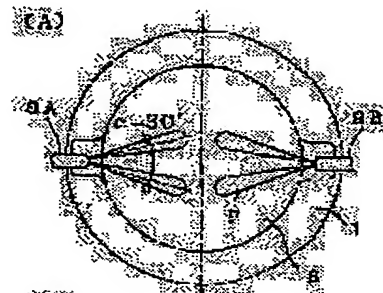
Priority number : 07205820 Priority date : 11.08.1995 Priority country : JP

(54) FUEL INJECTION CONTROLLER FOR DIESEL ENGINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce Nox and smoke at the same time and largely and conduct stable operation.

SOLUTION: Two side injectors 9A, 9B are disposed so as to face each other downwards diagonally on the outer periphery side of a combustion chamber 6, and fuel injection timing is set within a range from immediately after starting intake process to compression process. Uniform lean mixture is formed even in the case of a large amount of fuel by making fuel injection timing earlier with an increase in load. A knock sensor for detecting engine knocking is fitted. If knocking strength is higher than its prescribed value, the fuel injection timing is spark-advanced, and if lower than the prescribed value, the fuel injection timing is set so as to be spark-delayed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.04.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

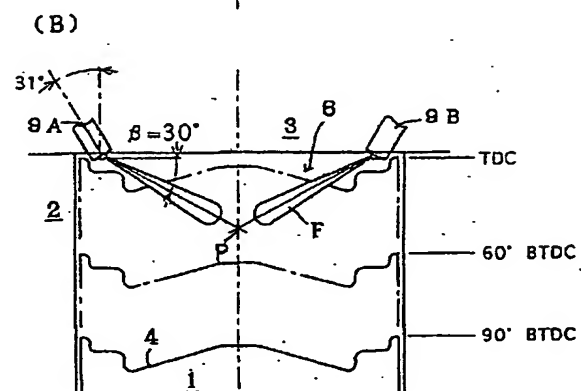
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY



【特許請求の範囲】

【請求項1】 燃焼室の外周側に斜め下向きに相対向するように2本のサイドインジェクタを配設し、燃料噴射時期を、吸気行程の開始直後から圧縮行程の範囲内で設定することを特徴とするディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項2】 負荷が大きくなるに従い燃料噴射時期を早めることを特徴とする請求項1記載のディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置。

【請求項3】 エンジンのノッキングを検出するノックセンサを設け、ノック強度が所定値より大きい場合には、燃料噴射時期を進角させ、ノック強度が所定値より小さい場合には、燃料噴射時期を遅角させるように設定することを特徴とする請求項1又は請求項2記載のディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置に係わり、 NO_x 及びスモークを同時に且つ大幅に低減させるための技術分野に属する。

【0002】

【従来の技術】 直接噴射式ディーゼルエンジンにおいて、高圧噴射、小噴孔径ノズル、浅皿燃焼室および低スワールを組合せる方式が知られている。これを図12により説明すると、1はピストン、2はシリンダ、3はシリンダヘッド、4はキャビティ、5は複数の噴孔を有するインジェクタ、6は燃焼室を示している。ピストン1が上昇し上死点(TDC)付近に達したとき、インジェクタ5から噴射された燃料噴霧Fは、壁面7近傍で一気に着火した後、火炎は燃焼室6の中心に向かって膨張するが、噴射の終了まで燃焼室6の中心部は不燃域として残る。すなわち、噴霧Fは壁面7に到達するまで燃焼室6の中心に近い不燃域側で十分に新気を巻き込みながら進行し、壁面7側では既燃ガスを導入しながら壁面7に衝突する二段の燃焼経路をたどる。高圧噴射の場合、噴射時期を大幅に遅らせても火がつくため、噴射時期遅延との組み合わせで、低圧噴射と比較すればスモーク及び NO_x の同時低減を図ることができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来の高圧噴射では、噴霧内部における燃料の濃度分布が非常に不均一であり、かつ、燃料が噴射されてから燃え始めるまでの着火遅れ時間が短いため、燃料と空気の混合が進まない状態で燃え始めてしまい、燃料の高濃度の部分が燃えてスモークが生成され、希薄な部分は空気が多いリーンな状態で燃えるが、高濃度の部分と希薄な部分の中間に燃料と空気が等量で燃える量論比の領域が存在し、ここで高濃度の NO_x が生成されてしまう。

【0004】 この問題を解決するために、シリンダ内に噴射された燃料の分散を促進し、量論比よりも希薄な予

混合気を形成し、これを燃焼させることが考えられ、燃料の分散を促進する方法として噴射時期を早めて着火遅れを長くし、この間に燃料と空気を混合させることが考えられる。

【0005】 しかしながら、上記従来の高圧噴射で燃料の微粒化を維持しながら前記早期噴射を行うと、シリンダ内の圧力が低く噴霧の貫通力が強いため、噴霧がシリンダ壁まで達して壁面に付着するため、燃焼効率が低下し、また、HC(未燃炭化水素)の排出量が増大する等の問題が発生する。むろん、 NO_x とスモークを同時に且つ大幅に低減させることはできない。

【0006】 本発明は、上記従来の問題を解決するものであって、その第1の目的は、燃料を早期に筒内に直接噴射することにより、噴霧の貫通力を弱めて壁面への付着を防止すると共に、十分な混合時間を与えて希薄な混合気を形成し、これを圧縮自己着火させることにより、 NO_x 及びスモークを同時に且つ大幅に低減させることができるディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置を提供することであり、また、本発明の第2の目的は、燃料噴射時期を変化させた場合に生じる失火やノッキングを防止することができるディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置を提供することである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 上記第1の目的を達成するために、本発明の請求項1記載のディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置は、燃焼室の外周側に斜め下向きに相対向するように2本のサイドインジェクタを配設し、燃料噴射時期を、吸気行程の開始直後から圧縮行程の範囲内で設定することを特徴とし、また、請求項2記載の発明は、エンジン負荷が大きくなる即ち燃料噴射量が増大するに伴って着火までの混合気形成時間を多くするために燃料噴射時期を早めることを特徴とするものであり、また、上記第2の目的を達成するために請求項3記載の発明は、請求項1記載の発明において、エンジンのノッキングを検出するノックセンサを設け、ノック強度が所定値より大きい場合には、燃料噴射時期を進角させ、ノック強度が所定値より小さい場合には、燃料噴射時期を遅角させるように設定することを特徴とする。

【0008】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施の形態を図面を参照しつつ説明する。図1～図8は、本発明のディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置の1実施形態を説明するための図である。

【0009】 図1は、本発明において使用するディーゼルエンジンの例を示し、図1(A)は平面図、図1(B)は断面図である。シリンダ2内にはピストン1が摺動自在に嵌合され、シリンダ2の上部にはシリンダヘッド3が固定されている。ピストン1の頂部には窪み状のキャビティ4が形成され、シリンダ2、シリンダヘッド3及びキャビティ4で囲まれる空間に燃焼室6が形成

されている。シリンダヘッド3には、燃焼室6の外周側に斜め下向きに相対向するように2本のサイドインジェクタ9A、9Bが配設されている。

【0010】サイドインジェクタ9A、9Bは、図示しない給排気弁との干渉しない範囲で垂直線から外側に傾斜（例えば 31° ）し、噴霧がシリンダ2の中心部の位置Pに向かうように配設している。サイドインジェクタ9A、9Bの噴孔はサイドインジェクタ9A、9Bの軸を対称として2本とし、平面視での2本の噴霧Fの中心角度を $\alpha = 30^\circ$ 、垂直面視での水平線からの噴霧Fの中心角度を $\beta = 30^\circ$ としている。なお、噴孔の数及び α 、 β の値はこれに限定されるものではない。

【0011】次に、本発明における燃料噴射制御について説明する。図2は制御系の例を示す構成図である。エンジン負荷を検出する負荷センサ11、エンジン回転数を検出する回転数センサ12、ピストン1の上死点に対する位置を検出するクランク角度検出センサ13の信号は制御装置14に入力される。制御装置14においては、燃料噴射量設定手段15で負荷及びエンジン回転数に基づいて燃料噴射量が設定される。同時に、燃料噴射時期設定手段16において、負荷及びエンジン回転数に基づいて燃料噴射時期が設定される。燃料噴射量及び燃料噴射時期とも負荷及びエンジン回転数に基づいた設定値がマップとして制御装置14のメモリに記憶されており、これに基づいて設定される。次に、信号出力手段17において、設定された燃料噴射時期にクランク角度検出信号が一致すると、サイドインジェクタ9A、9B用のソレノイド18、19に信号が出力され、設定された燃料噴射量に対応する噴射期間の間、燃料が燃焼室6内に噴射される。

【0012】図3は前記制御装置のメモリに記憶される制御用データの例を示し、エンジン回転数及びエンジン負荷に基づいて燃料噴射時期を設定するに際し、負荷及びエンジン回転数が大きくなるに従い噴射時期を早めるように設定する。なお、燃料噴射量については周知のデータを使用する。

【0013】上記構成からなるディーゼルエンジン及び制御装置を用い、従来よりかなり早い時期に燃料を噴射する希薄予混合ディーゼル燃焼（Premixed Lean Diesel Combustion、以下、PREDICという）についての試験結果について説明する。従来例と本発明のPREDICのエンジン仕様や試験条件を表1に示す。従来例は、上死点近傍で燃焼室内に燃料を噴射する通常の方法であるのに対して、PREDICではかなり早い時期に2本のサイドインジェクタ9A、9Bからシリンダ2の中心部に燃料を噴射する方法をとっている。

【0014】

【表1】

	従来例-図12	本発明-図1
シリンダ内径	135mm	同左
ピストンストローク	140mm	同左
圧縮比	$\varepsilon = 16.5$	同左
キャビティ	$\phi 98\text{mm}$	同左
スワール比	$S/R=0.5$	$S/R=2.1$
噴孔径×数	$\phi 0.17\text{mm} \times 8$	$\phi 0.17\text{mm} \times 2$
噴霧角	155°	$\alpha, \beta = 30^\circ$
噴射圧	100MPa	同左
燃料	CN=62	CN=19
エンジン回転数	1000rpm	同左

【0015】エンジン試験を実施する前に、従来例とPREDICの噴霧液滴の分散状況をシミュレーション計算で予測した。図4及び図5は計算結果を示し、それぞれ図(A)は断面図、図(B)は平面図である。

【0016】図4の従来例は、 3° ATDCで燃料を噴射し 8° ATDCでの噴霧液滴の分散状況を示し、噴射開始から着火までの時間が短いため燃料の分散が悪く、不均一な分布である。図5のPREDICは、 -7.8° ATDCで燃料を噴射し -6.4° ATDCでの噴霧液滴の分散状況を示し、2本のサイドインジェクタから噴射された燃料噴霧がシリンダ内に広く分散し、従来例と比較して均一性が高く希薄化した予混合気形成されることが判る。

【0017】図6及び図7は、従来例とPREDICの試験結果の一例を示し、図6は、エンジン回転数1000rpmにおけるエンジン性能（燃費率I. S. F. C. g/kWh）と各種排出物の特性を示している。図中、●印は空気過剰率 $\lambda = 2.7$ での従来例を示し、□印、△印、▽印、◇印は、PREDICにおいて空気過剰率 $\lambda = 2.5$ 、 2.7 、 3.1 、 3.7 と変化した場合を示している。なお、空気過剰率 λ は、

$$\lambda = K \times (\text{吸入空気重量} / \text{燃料噴射量})$$

で定義され、ここで、Kは、ある燃料が完全燃焼するために必要な燃料と空気の比率を示している。ディーゼルエンジンではエンジン回転数が一定であれば吸入空気重量は一定であるから、燃料噴射量（エンジン回転数及び負荷で決まる）に対して空気過剰率 λ は一義的に定まることになる（通常のディーゼルでは $\lambda > 1.3$ ）。

【0018】従来例の場合は、上死点近傍で燃焼噴射時期を遅延すると、 NO_x 濃度が低下するが限界があり、さらに遅延すると増加する。これに対してPREDICでは、例えば $\lambda = 2.7$ の運転条件で上死点前 80° 付近で燃料を噴射すると、希薄予混合気の圧縮自己着火によってエンジンを運転することができ、この時の NO_x 濃度は約20ppmと従来例の最低値の1/10以下と大幅に低減させることができる。燃料噴射時期をこれよりも早く

すると、燃料が分散しすぎて薄くなり着火しにくく失火するため正常な運転ができず、燃料噴射時期を遅くすると ($\theta = -6.4^\circ$ ATDC)、 NO_x 濃度は増加し従来例の $1/2$ 程度のレベルまで増加し、ここまで遅角するとノッキングが激しくなりこれ以上噴射時期を遅くすることはできなかった。燃料噴射量を減少しても ($\lambda = 3$ 、

1、3、7)、 NO_x 濃度は同様の傾向を示し、大幅な低減が可能になる。噴射量を増加した場合 ($\lambda = 2$ 、5) は、失火とノッキング発生の噴射時期が近づき狭い範囲でしか運転できないが、 NO_x 濃度は同様に大幅な低減が可能となる。

【0019】このように大幅な NO_x 濃度の低減が得られる場合に、PREDICにおけるスモーク (BSU) は従来例のレベルとほぼ同等であり、また、燃費率 (I.S.F.C.) もほぼ同等、もしくは最大で15%程度の増加にすぎない。一方、トータルハイドロカーボン (THC) 及びCO濃度は大幅に増加して2000~5000ppm程度となるが、このレベルはガソリンエンジンと同等であり、通常の酸化触媒で低減させれば問題にはならない。

【0020】図6の中で↓印を付けた、従来例と $\lambda = 2$ 、7で噴射時期の異なる2つのPREDICについて、インジェクタのニードルリフト、熱発生率 (R.O.H.R. kJ/dg)、平均ガス温度、シリンダ内圧力を図7に示す。従来例の熱発生率は、初期燃焼とその後の拡散燃焼からなり、通常のディーゼル燃焼のパターンを示している。

【0021】図7で太線に示す噴射時期の早いPREDIC ($\theta = -7.8^\circ$ ATDC) の方が着火は遅く、上死点の直後で燃焼を開始する。この場合の熱発生率の立ち上がりは比較的ゆるやかで、左右対称に近い山形状となり、平均ガス温度は従来例とほぼ同等であるが、 NO_x 濃度は約20ppmと大幅に低下している。これに対して点線で示す噴射時期の遅いPREDIC ($\theta = -6.4^\circ$ ATDC) は着火が早く、上死点の直前で燃焼を開始する。この場合の熱発生率の立ち上がりは急で燃焼時間は短く、平均ガス温度は高くなっている。しかし、 NO_x 濃度はそれほど高くなく従来型の約40%減となっている。

【0022】図6の試験結果から、空気過剰率 λ に対して、 NO_x を大幅に低減させることができる燃料噴射時期を設定することができ、少なくとも、空気過剰率 $\lambda > 2.5$ 、燃料噴射時期 θ_{inj} をクランク角度 $-12.5^\circ \sim -2.0^\circ$ ATDCの範囲で設定すれば、 NO_x 及びスモークを同時に且つ大幅に低減させることができる。図8は、一例としてエンジン回転数1,000rpmで、 NO_x 濃度を約20ppmにするための空気過剰率と燃料噴射時期との関係を示す図であり、空気過剰率 λ に応じた燃料噴射時期 θ_{inj} がピストンの上死点後のクランク角度で示され、空気過剰率が小さくなる(負荷が大きくなる)に従い燃料噴射時期を早めることを示している。

【0023】図6及び図8は、エンジン回転数1000rpmでの試験結果を示し、高負荷運転(燃料量の多い

運転条件)では燃料噴射時期を早める必要がある。しかし、図8から分かるように高負荷では急速に進角を増加させなければならず、このため下死点(上死点前 180°)をさらに越えて、吸気行程の上死点(上死点前 360°)近くまで噴射時期を早める必要が出てくる。

【0024】また、エンジン回転数を大きくすると、噴射された燃料が空気と混合するのに相対的に長いクランク角度が必要になり(燃料噴霧が空気と混合するのにかかる実時間は低速でも高速でもあまり変わらないため)、それだけ早い時期に噴射を行う必要があり、下死点(上死点前 180°)をさらに越えて、吸気行程の上死点(上死点前 360°)近くまで噴射時期を早める必要が出てくる。

【0025】早く噴射すればするほど燃焼条件(温度、圧力)が整う燃焼上死点(いわゆる上死点)に至るまでの時間が長く、それだけ噴射された燃料が空気と混合して均一な混合気を作るのに有利になる。ただし、上死点前 360° を越えて大きくすることはエンジンのサイクル上無理である。従って、燃料噴射時期を、吸気行程の開始直後(例えば上死点前 350°)から圧縮行程の範囲内で、エンジン回転数及び負荷に応じて、 NO_x 濃度を低減させるための燃料噴射時期を設定し(例えば図3)、その設定値をマップとして制御装置14のメモリに記憶することになる。

【0026】本発明においては、2本のサイドインジェクタからの噴霧を、シリンダ中心部で相互に衝突させる場合と、ピストンに衝突させる場合がある。いずれの場合も、温度の低いシリンダ壁への噴霧の付着を防止するものであるが、比較的溫度の高いピストンへの衝突はある程度許容している。すなわち、燃料噴射時期を吸気行程の開始直後にした場合には、ピストンが上死点近くにあつて噴霧はピストンに衝突するが、その後、吸気行程、圧縮行程の長い時間を経て燃焼に至るので、ピストンに一旦衝突しても蒸発、混合が進むことになる。また、圧縮行程後期の噴射でも、ピストンが上死点に近づき噴霧はピストンに衝突するが、この噴射タイミングとなる場合(燃料噴射時期が遅い条件)は低負荷で燃料噴射量が少ない条件下のため、シリンダ内の高温、高圧条件によって噴霧がピストンに衝突しても蒸発は比較的良好に行われることになる。

【0027】以上の試験結果からPREDICの混合気形成や燃焼特性を考えると、燃料噴射時期が遅い場合にはノッキングが発生することから、局所的に量論比に近い燃料濃度の領域が残っており、この部分で高い濃度の NO_x が生成されていると推定される。これに対して噴射時期を早めることにより混合が促進され、希薄化して量論比の領域が殆どなくなり、 NO_x が生成される領域も少なくなるために、大幅な NO_x 低減が得られたと推定できる。さらに噴射時期を早めると、希薄化しすぎて自己着火しなくなり失火してエンジンの運転ができなくなるも

のと考えられる。

【0028】図9～図11は、本発明のディーゼルエンジンの燃料噴射制御装置の他の実施形態を説明するための図であり、図9は燃料噴射タイミングとノック強度及び NO_x 濃度の関係を示す図、図10は制御装置の構成図、図11は制御における処理の流れを示す図である。なお、図10において図2と同一の構成については同一番号を付けて説明を省略する。

【0029】前述したように、PREDICにおいては、負荷（燃料噴射量）に対する燃料噴射タイミングが重要で、ある負荷のときに適切な噴射期間内にあれば低 NO_x と燃焼の安定性が両立するが、噴射時期を進ませ過ぎると混合気が希薄になりすぎて失火を起こし、逆に遅らせ過ぎると濃混合気が多く存在するため、ノッキングが発生し同時に NO_x が増加する（図9参照）。なお、図9の I_H は、許容されるノック強度の上限値であり、 I_L は、許容されるノック強度の下限値を示している。

【0030】そこで、本実施形態においては、図10に示すように、エンジンブロックにノックセンサ20を装着し、ノッキングによるエンジンの振動を検出し、ノックセンサ20により検出したノッキングの強度（以下、ノック強度 I_n という）に基づいて燃料噴射時期を設定するようにする。すなわち、図11に示すように、ノック強度 I_n を検出し、ノック強度 I_n が所定値 I_H （許容されるノック強度の上限値）より大きい場合には、燃料噴射タイミングを進角させ、ノック強度 I_n が所定値 I_L （許容されるノック強度の下限値）より小さい場合には、燃料噴射タイミングを遅角させるように設定し、燃料噴射時期をノッキングが発生し始めるタイミングにコントロールするものである。これによって燃料噴射タイミングは図9中の制御範囲内に制御される。

【0031】図9に示すように、ノッキングが発生し始める噴射タイミングは、 NO_x はまだ低レベルにあり、ノッキングが大きくなるに従い NO_x のレベルは高くなるので、 NO_x が十分に低いノック強度がまだ相対的に小さい時期をねらう。従って、確実に着火できるタイミングに噴射時期を制御するので、安定した運転状況と比較的低レベルの NO_x 特性を両立させることができる。この領域は、失火域に対して余裕のある領域であり、出力低下の問題はない。また、噴射時期固定の場合には、低温時等で円滑な運転ができないが、本方式によれば、油温、水温が低い未暖機状態でも円滑な運転と低 NO_x が可能である。また、燃料性状が変化して着火性が変わった場合等にも正常な運転が可能となる。

【0032】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の1実施形態によれば、燃焼室の外周側に斜め下向きに相対向するように2本のサイドインジェクタを配設し、従来よりかなり早い時期に燃料を噴射することにより、噴霧の貫通力を弱めて壁面への付着を防止すると共に、十分な混合時間を与えて希薄予混合気を形成し、これを圧縮自己着火させることにより、 NO_x 及びスモークを同時に且つ大幅に低減させることができる。

【0033】また、本発明の他の実施形態によれば、噴射時期を進ませ過ぎる場合に生じる失火や、遅らせ過ぎる場合に生じるノッキングを防止し安定した運転を行うことができると共に、 NO_x の増加を防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明において使用するディーゼルエンジンの例を示し、図1(A)は平面図、図1(B)は断面図である。

【図2】本発明の1実施形態を示す燃料噴射制御装置の構成図である。

【図3】本発明の制御装置のメモリに記憶される制御用データの例を示す図である。

【図4】従来例の噴霧液滴の分散状況をシミュレーション計算で予測した結果を示し、図(A)は断面図、図(B)は平面図である。

【図5】本発明の噴霧液滴の分散状況をシミュレーション計算で予測した結果を示し、図(A)は断面図、図(B)は平面図である。

【図6】従来例と本発明の試験結果を示し、エンジン性能と各種排出物の特性を示す図である。

【図7】従来例と本発明について、熱発生率、平均ガス温度、シリンダ内圧力を説明するための図である。

【図8】空気過剰率と燃料噴射時期との関係を示す図である。

【図9】燃料噴射タイミングとノック強度及び NO_x 濃度の関係を示す図である。

【図10】本発明の他の実施形態を示す燃料噴射制御装置の構成図である。

【図11】図10の制御装置における処理の流れを示す図である。

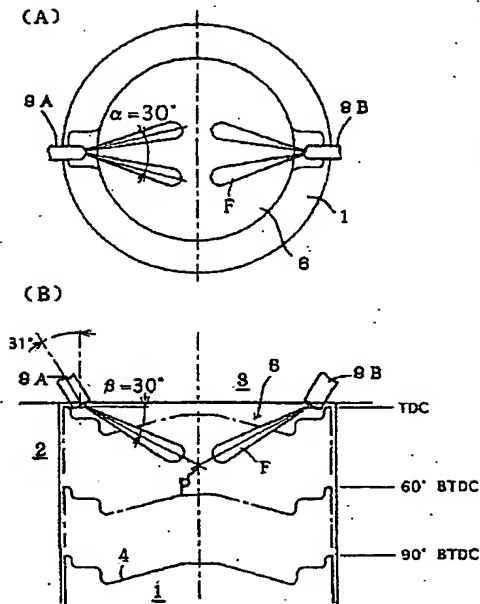
【図12】従来の高圧噴射方式のディーゼルエンジンを説明するための図であり、図12(A)は平面図、図12(B)は断面図である。

【符号の説明】

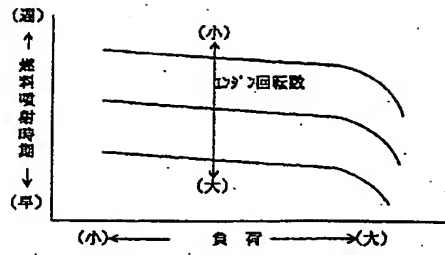
1…ピストン、2…ピストン、3…シリンダヘッド、6…燃焼室

9A、9B…サイドインジェクタ

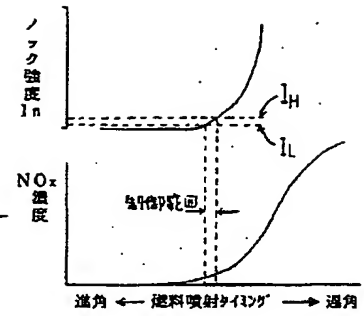
【図1】



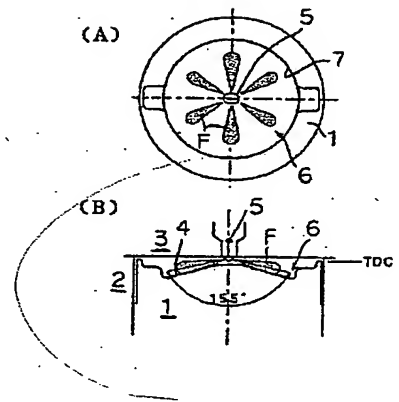
【図3】



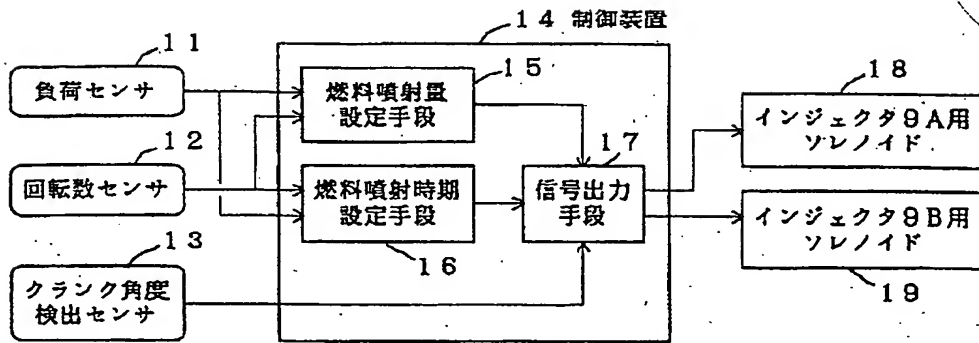
【図9】



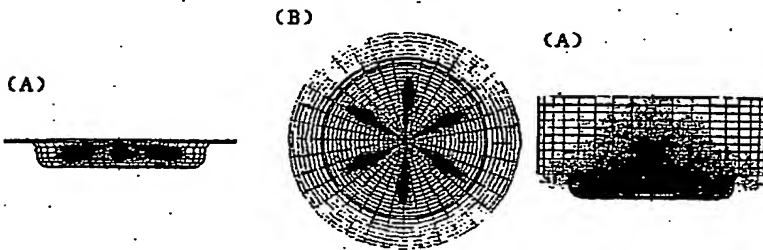
【図12】



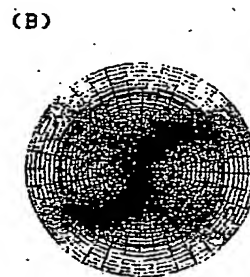
【図2】



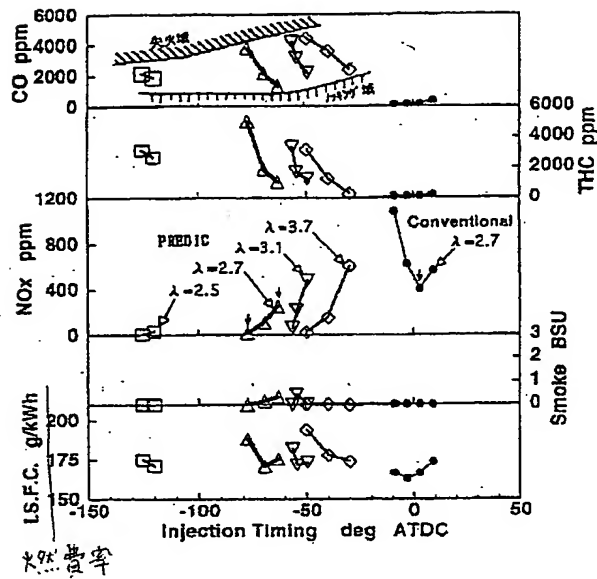
【図4】



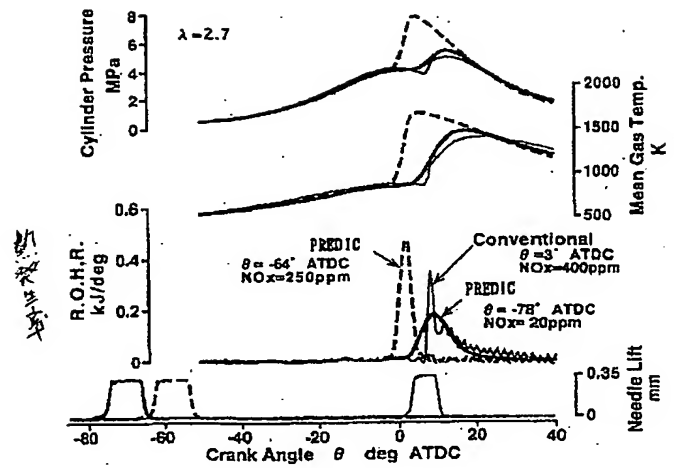
【図5】



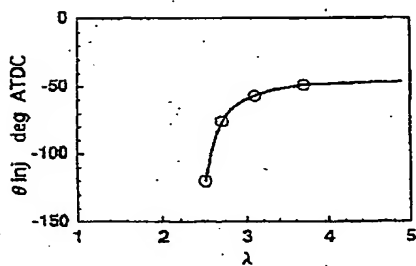
【図6】



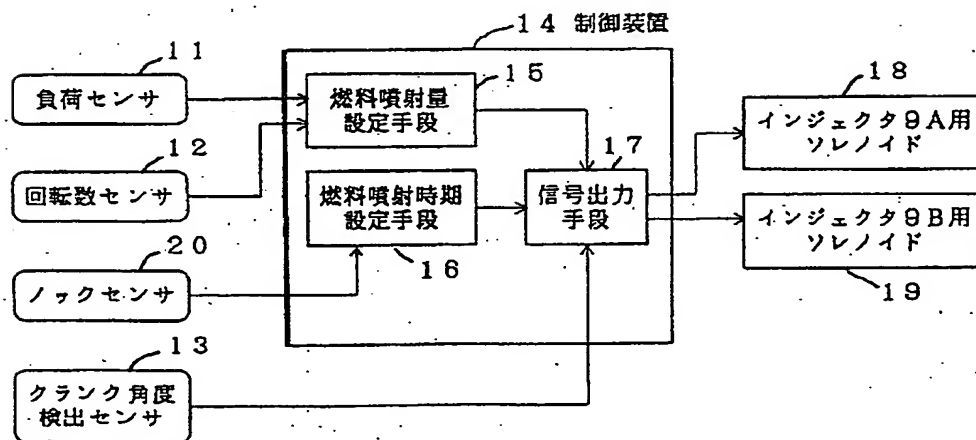
【図7】



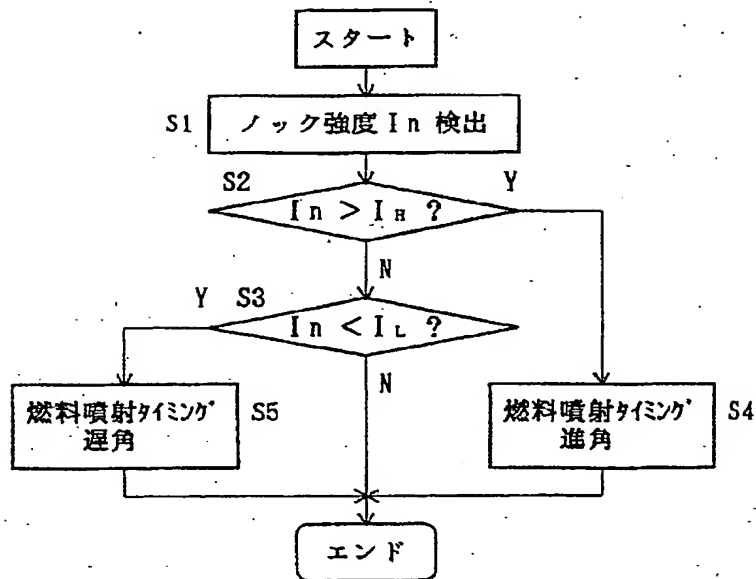
【図8】



【図10】



【図 1 1】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

F I

F02M 61/14

310

F02M 61/14

385 J

310 U

310 A